تحلیل و پهنه‌بندی زمانی - مکانی یخبندان در ایران

منوچهر فرج‌زاده (دانشیار اقلیم شناسی دانشگاه تربیت مدرس تهران)
farajzam@modares.ac.ir
سید امیر حسینی (کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس تهران؛ نویسنده مسؤول)
hezarrah.19@gmail.com

چکیده

در این پژوهش، به منظور تحلیل و منطقه بندی توزیع زمانی و مکانی یخبندان در ایران، دماهای صفر و زیر صفر، پنجاه و چهار ایستگاه هواشناسی کشور با دوره مشترک سی و یک ساله استخراج و نقشه‌ی پراکندگی مکانی یخبندان در ایران تهیه شد. نتایج نشان می‌دهد که میانگین سالانه‌ی روزهای یخبندان ایران، و میانگین دمای آن به ترتیب شصت و دو روز و ۳- درجه بوده است. دی‌ماه با میانگین بیست و هشت روز، بیشترین روزها وسردترین دماها را داشته است. میانگین کمینه‌های مطلق کشور۱٦/۵- درجه بوده و پایین‌ترین کمینه‌های مطلق در غرب و شمال‌غرب کشور رخ داده است. در پهنه‌بندی یخبندان، منطقه‌ی غرب، شمال‌غرب والبرز، یخبندان‌های بسیار شدید، شمال، یخبندان کم را تجربه می‌کنند. در تمامی دوره‌ها، غرب، شمال‌غرب و دامنه‌های جنوبی البرز بیشترین میانگین‌ها و سردترین دماها، و مناطق شمالی و جنوبی، کمترین میانگین روزها و دماها را دارا بوده‌اند.

کلیدواژه‌ها: ایران، پهنه‌بندی، تحلیل زمانی، تحلیل مکانی، یخبندان.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۲/۱۱   تاریخ تصویب:۱۳۸۹/۱۲/۳

درآمد

در ایران در فصل سرد سال با ورود توده‌های هوای سرد شمالی، شمال‌غربی و غربی، مناطق مختلف ایران به ویژه شمال‌غرب، غرب، البرز و شمال‌شرق، دماهای پایینی را تجربه می‌کنند. ارتفاع زیاد، عرض جغرافیایی بالا، قرار گیری در محل ورود سامانه‌های سرد و توپوگرافی محل، زمینه ساز یخبندان‌های شدیدی در این مناطق است.

مطالعات نشان می‌دهد که دما در هر هزار متر افزایش ارتفاع، شش تا پنج درجه‌ی سانتی‌گراد کاهش پیدا می‌کند (علیجانی و کاویانی، ۱۳۷۱). این کاهش در مناطق مسکونی، باغات، جاده‌ها و ...... که در ارتفاعات بالایی قرار دارند، موجب کاهش دما به درجه‌حرارت‌های بسیار پایین شده و خسارات زیادی را در بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، حمل و نقل، آب، نیرو و ..... به بار می‌آورد. از جمله، سرمای شدید در خلخال در تأسیسات آب حدود یک میلیارد ریال (URL1)، بر محصولات کشاورزی آمریکا در سال ۱۹۷۱، ۱/۱ میلیارد دلار (محمدی، ۱۳۸۵)، در باغ‌های پسته کرمان در فروردین ۱۳۷٦ بیش از دویست میلیارد تومان، به تأسیسات شرکت آب و فاضلاب استان زنجان در چهارم بهمن ۱۳۸٦ بیش از شش میلیارد و پانصد و شانزده میلیون ریال (URL2) و بسیاری موارد دیگر، خسارت به بار آورده است. این حجم از خسارات در ابعاد گوناگون اهمیت شناخت و برنامه ریزی جهت مقابله با این پدیده‌ی اقلیمی را بیش از پیش نمایان می‌کند.

روزنبرگ و مایر، مشخص نموده‌اند که دلایل تغییرات ناگهانی دما در سطح زمین، به ویژه در فصل بهار، به طور مستقیم با تغییرات الگوهای فشار و فرایندهای دینامیکی جو ارتباط دارد و اضافه می‌کنند که در بررسی‌ها باید تابش را نیز همراه با الگوی فشار دخالت داد (Rosenberg and Myers 1962). کاجفر، تاریخ وقوع یخبندان‌های زودرس پاییزه را در نه مکان در منطقه‌ی گورنجسکا در اسلوونی در سال‌های ۱۹۸۷ و ۱۹٤۷ مورد بررسی قرارداده است. وی تاریخ‌های اولین یخبندان را به دست آورده و همچنین رابطه‌ی تاریخ وقوع اولین یخبندان و ارتفاع محل را نیز، مورد بررسی قرار داده است (Kajfcz,1989). واتکینز، برای شناخت تغییرات بلند مدت فصل یخبندان، با بررسی دماهای روزانه، شروع و پایان یخبندان‌ها

در انگلستان مرکزی، به این نتیجه رسیده **است** که طول مدت فصل یخبندان حدود دو روز در هر ده سال کاهش می‌یابد و این کاهش را در ارتباط با افزایش درجه حرارت می‌دانند (Watkins,1991). بوئر و همکاران بر مبنای پنج ویژگی یخبندان، منطقه‌ای گندم خیز از استرالیا را به چهار بخش همگن تقسیم نمودند و به‌این نتیجه دست یافتند که ارتفاع مهمترین عامل پیش‌بینی‌کننده‌ی ویژگی‌های یخبندان است و عرض جغرافیایی و سایر عوامل در درجه‌ی بعدی اهمیت قرار دارند (Boer et all,1993).

مطالعات زیادی در خصوص یخبندان در کشور صورت گرفته است. در همین زمینه هاشمی (١٣٥٣) تاریخ وقوع زودترین و دیرترین یخبندان‌های پاییزه و بهاره را در کویر، البرز و زاگرس زودتر از مناطق دیگر ایران تشخیص داده‌است، اما در این تحقیق این تاریخ‌ها ابتدا در شمال‌غرب و غرب سپس در البرز روی می‌دهد. گرجی و ثابت (١٣٧١) در بررسی سرمای دیررس بهاره معتقد اند که دمای کمینه‌ی روزانه طیّ بیست و پنج سال روند صعودی داشته‌است که با نتیجه‌ای که این تحقیق به آن دست یافته، هم‌سو است، به گونه‌ای که از ابتدای دوره (١٩٧٤) تا انتهای دوره (٢٠٠٤) کاهش دما از ٤/٢- به ٣/٨- و کاهش یازده درصدی از میانگین روزهای یخبندان، بیانگر این موضوع است که دلیل آن را می‌توان در تغییرات عمومی آب و هوا و تغییر اقلیم کره‌ی زمین دانست. روشنی و عبدالهی (١٣٨٥) در تحلیل آماری یخبندان ایستگاه اراک (٩٢- ١٩٧٠) با استفاده از روش‌های آماری، مهمترین عامل در یخبندان‌های اراک را عامل ارتفاع (١٧٨٠متر) دانسته و هجوم هوای سرد را در تشدید یخبندان ها در درجه دوم تشخیص داده‌اند. همچنین برآورد کرده‌اند که دامنه‌ی یخبندان بین ماههای مهر تا فروردین در نوسان است و با تقویم ژولیوسی یخبندان‌های بهاره را با دوره‌های بازگشت ٩٣ تا ١٢٣ روز به دست داده‌اند. کمالی و صحرائیان (١٣٨٤) در بررسی آماری وقوع سرما و یخبندان‌های بهاره و پاییزه آذربایجان شرقی نشان داده‌اند که اولین سرما و یخبندان پاییزه با احتمال ٢٥ درصد در مهر ماه و آبان ماه اتفاق می‌افتد و وقوع سرما و یخبندان در این استان از شمال به جنوب به تأخیر می‌افتد. آخرین یخبندان بهاره نیز با احتمال ٢٥ درصد در فروردین و اردیبهشت اتفاق می‌افتد. آنها دریافتند که در شرق و شمال شرق استان سرماهای شدید و یخبندان زودهنگام بیشتر از سایر مناطق است. حقیقی و همکاران (١٣٨٥) اطلس احتمال وقوع کمینه‌ی دمای استان فارس را تعیین نموده اند

و در آن با تعیین دو معیار زمانی اول فروردین و اول مهرماه، سه محدوده‌ی دمایی (صفر الی ۱/۵-، ۱/۵ الی۳- و کمتر از ۳-) به ترتیب به عنوان یخبندان‌های ملایم، متوسط و شدید به دست می‌دهند. نوحی و همکاران (۱۳۸٦) در تحلیل تاریخ آغاز و پایان یخبندان های تابشی– فرارفتی و فرارفتی در آذربایجان‌های غربی و شرقی دریافته‌اند که سری‌های زمانی اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهاره از نوع تابشی –فرارفتی بوده و این سریها تصادفی بوده و از تابع توزیع نرمال پیروی می‌کنند. همچنین یخبندان‌های فرارفتی از شش تا چهل روز دیرتر از یخبندان‌های تابشی –فرارفتی در پاییز آغاز و یک تا بیست و پنج روز زودتر در بهار پایان می‌یابند. فتاحی و صالحی پاک (۱۳۸۸) با بررسی الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های زمستانه‌ی ایران، با استفاده از تحلیل عاملی و خوشه‌بندی به این نتیجه رسیده‌اند که تیپ‌های هوای پرفشارمرکزی، پرفشار اروپای شرقی، پرفشار اروپای شمالی و پرفشار سیبری الگوهایی هستند که منجر به یخبندان های شدید و فراگیر در ایران می‌شوند. مجرد قره باغ (۱۳۷٦) در تحلیل آماری یخبندان ایستگاه‌های مورد مطالعه، ارتفاع و عرض جغرافیایی را در ایجاد یخبندان دخیل دانسته‌اند. همچنین حیدری گندمان (۱۳۷٤)، فتاحی و صالحی (۱۳۸۸) عوامل سینوپتیکی را عامل اصلی یخبندان دانسته‌اند. نتایج این تحقیق نشان می دهد که برای هر یک از مناطق ایران یکی از عوامل اقلیمی تأثیرگذار است، برای مثال در شمال غرب، غرب و شمال کشور عامل سینوپتیک و ارتفاع، در مناطق جنوبی عامل عرض جغرافیایی و در مناطق مرکزی عامل ارتفاع بیشترین تأثیر را در ایجاد یخبندان بر عهده دارند.

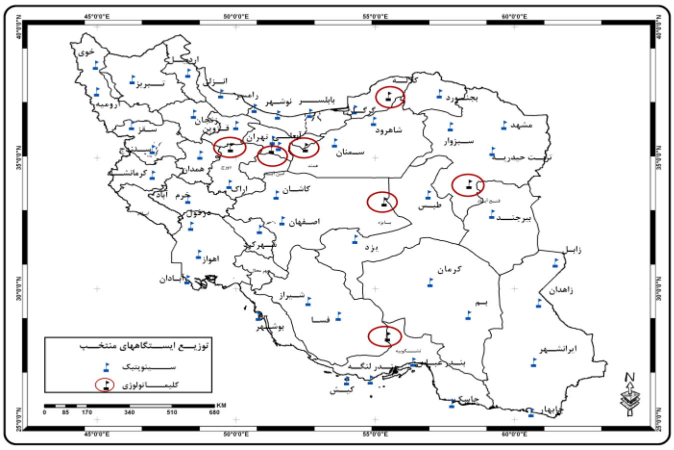
بررسی پیشینه‌ی تحقیقاتی: می‌توان گفت که در این زمینه، مطالعه‌ای یکپارچه در کشور صورت نگرفته است. تمامی پژوهش‌های قبلی، یخبندان‌های ایران را یا به صورت پهنه‌ای محدود به یک یا چند استان یا به یکی از جنبه‌های آن مورد بررسی قرار داده‌اند و یا یخبندان و خسارات ناشی از آن را در یکی از بخش‌های اقتصادی مورد ارزشیابی قرار داده‌اند. همچنین برخی از پژوهش‌ها نیز در بازه‌ی زمانی محدودی به تحلیل یخبندان همت گماشته‌اند و تا کنون یخبندان به صورت تحلیل روزانه دماهای زیر صفر درجه با نگاهی یکپارچه و سراسری به کل کشور مورد بررسی قرار نگرفته است. به همین دلیل هدف مقاله‌ی حاضر، بررسی آمار روزانه و تحلیل مکانی و زمانی یخبندان و ویژگی‌های آن در کشور است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، برای بررسی یخبندان در ایران، داده‌های روزانه‌ی دمای کمینه‌ی ۲۳۵ ایستگاه سینوپتیک و ٤۲۷ ایستگاه کلیماتولوژی کشور از سازمان هواشناسی اخذ گردید. پس از بررسی، ایستگاه های با آمار سی و یک سال جدا شدند و آمار مفقوده‌ی آنها استخراج و بازسازی شده در نهایت چهل و هفت ایستگاه سینوپتیک و هفت ایستگاه کلیماتولوژی با دوره‌ی مشترک سی و یک ساله (۲۰۰٤ – ۱۹۷٤) برای تحلیل و پهنه‌بندی یخبندان در ایران انتخاب شد. اساس این تحقیق روی داده‌های صفر و زیر صفر درجه‌ی سانتی‌گراد استوار است. شکل (۱) و جدول (۱) توزیع ایستگاه های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

برای اطمینان از کافی بودن سال‌های آماری مورد مطالعه یا همان طول دوره‌ی آماری، از آزمون موکوس $Y= (4.30t\ log10R)^2 + 6$ استفاده شد (علیزاده و همکاران،۱۳۷٤). نتیجه‌ی آزمون نشان داد که داده‌ها با دوره آماری سی و یک ساله برای انجام تحقیق مناسب است. همچنین برای اطمینان از یکنواختی و همگن بودن داده‌های مورد استفاده از آزمون *RUN TEST* استفاده شد، که در تمام موارد عدد به دست آمده زیر ۰/۰۵، نشان از همگنی مناسب داده‌ها دارد. در فرایند بازسازی داده‌ها به دلیل حجم بالای داده‌های مفقوده و استفاده از داده‌های روزانه، از روش هم‌بستگی استفاده شد، که در تمام موارد هم‌بستگی بین ایستگاه بازسازی شده و ایستگاه مبنا بالای ۰/۹۰ درصد معنا دار بود.

شکل (۱) توزیع مکانی ایستگاه‌های مختلف



جدول (۱) ایستگاه‌های منتخب سینوپتیک و کلیماتولوژی در دوره‌ی آماری (۲۰۰۴-۱۹۷۴)

ردیف	ایستگاه	ارتفاع	طول	عرض	ردیف	ایستگاه	ارتفاع	طول	عرض
۱	آبادان	۶/۶	۴۸/۱۵	۳۰/۲۲	۲۸	رامسر	-۲۰	۵۰/۴	۳۶/۵۴
۲	آبعلی	۲۴۶۵	۵۱/۵۳	۳۵/۴۵	۲۹	زابل	۴۸۹/۲	۶۱/۲۹	۳۱/۰۲
۳	اراک	۱۷۰۸	۴۹/۴۶	۳۴/۰۶	۳۰	زاهدان	۱۳۷۰	۶۰/۵۳	۲۹/۲۸
۴	اردبیل	۱۳۳۲	۴۸/۱۷	۳۸/۱۵	۳۱	زنجان	۱۶۶۳	۴۸/۲۹	۳۶/۴۱
۵	ارومیه	۱۳۱۶	۴۵/۵	۳۷/۳۲	۳۲	سبزوار	۹۷۷/۶	۵۷/۴۳	۳۶/۱۲
۶	اصفهان	۱۵۵۰/۴	۵۱/۴	۳۲/۳۷	۳۳	سقز	۱۵۲۲/۸	۴۶/۱۶	۳۶/۱۵
۷	امین آباد*	۱۰۰۰	۵۱/۲۸	۳۵/۳۵	۳۴	سمنان	۱۱۳۰/۸	۵۳/۳۳	۳۵/۳۵
۸	انزلی	-۲۶/۲	۴۹/۲۸	۳۷/۲۸	۳۵	سنندج	۱۳۷۳/۴	۴۷	۳۵/۲
۹	اهواز	۲۲/۵	۴۸/۴	۳۱/۲	۳۶	شاهرود	۱۳۵۴/۳	۵۴/۵۷	۳۶/۲۵
۱۰	ایرانشهر	۵۹۱/۱	۶۰/۴۲	۲۷/۱۲	۳۷	شهرکرد	۲۰۴۸/۹	۵۰/۵۱	۳۲/۱۷
۱۱	بابلسر	-۲۱	۵۲/۳۹	۳۶/۴۳	۳۸	شیراز	۱۴۸۴	۵۲/۳۶	۲۹/۳۲
۱۲	بایزه *[۱]	۱۴۵۰	۵۵/۲۰	۳۳/۲۰	۳۹	طبس	۷۱۱	۵۶/۵۵	۳۳/۳۶
۱۳	بجنورد	۱۰۹۱	۵۷/۱۹	۳۷/۲۸	۴۰	فتح‌آباد *	۱۸۴۰	۵۸/۲۳	۳۴/۰۷
۱۴	بم	۱۰۶۶/۹	۵۸/۲۱	۲۹/۶	۴۱	فسا	۱۲۸۸/۳	۵۳/۴۱	۲۸/۵۸
۱۵	بندر عباس	۹۸	۵۶/۲۲	۲۷/۱۳	۴۲	قزوین	۱۲۷۹/۲	۵۰/۰۳	۳۶/۱۵
۱۶	بندرلنگه	۲۲/۷	۵۴/۵	۲۶/۳۲	۴۳	کاشان	۹۸۲	۵۱/۲۷	۳۳/۵۹
۱۷	بوشهر	۱۹/۶	۵۰/۵	۲۸/۵۹	۴۴	کرمان	۱۷۵۳/۸	۵۶/۵۸	۳۰/۱۵
۱۸	بیرجند	۱۴۹۱	۵۹/۱۲	۳۲/۵۲	۴۵	کرمانشاه	۱۳۱۸/۶	۴۷/۰۹	۳۴/۲۱
۱۹	تبریز	۱۳۶۱	۴۶/۱۷	۳۸/۰۵	۴۶	کلاله *	۱۵۷	۵۵/۲۹	۳۷/۲۲
۲۰	تربت	۱۴۵۰/۸	۵۹/۱۳	۳۵/۱۶	۴۷	کیش	۳۰	۵۳/۵۹	۲۶/۳۰
۲۱	تشکوییه *	۷۵۰	۵۵/۲۷	۲۸/۱۱	۴۸	گرگان	۱۳/۳	۵۴/۱۶	۳۶/۵۱
۲۲	تهران	۱۱۹۰/۸	۵۱/۱۹	۳۵/۴۱	۴۹	مشهد	۹۹۹/۲	۵۹/۳۸	۳۶/۱۶
۲۳	جاسک	۵/۲	۵۷/۴۶	۲۵/۳۸	۵۰	نوشهر	-۲۰/۹	۵۱/۳۰	۳۶/۳۹
۲۴	چابهار	۸	۶۰/۳۷	۲۵/۱۷	۵۱	همدان	۱۶۷۹/۷	۴۸/۴۳	۳۵/۱۲
۲۵	خرم آباد	۱۱۴۷/۸	۴۸/۱۷	۳۳/۲۶	۵۲	یزد	۱۲۳۷/۲	۵۴/۱۷	۳۱/۵۴
۲۶	خوی	۱۱۰۳	۴۴/۵۸	۳۸/۳۳	۵۳	هومن‌آبسرد *	۱۸۰۰	۵۲/۵	۳۵/۴
۲۷	دزفول	۸۲/۹	۴۸/۲۵	۳۲/۱۶					

پس از آماده سازی داده‌ها در محیط اکسل، با استفاده از نرم افزار *SPSS* فراوانی مطلق، نسبی و تجمعی داده‌ها استخراج و داده‌های روز، ماه، سال و ایستگاه با هم مقایسه شد. در این تحقیق برای نشان دادن تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال، از ضریب چولگی استفاده شد. ضریب

۱. * ایستگاه‌های کلیماتولوژی

چولگی به دست آمده‌ی داده‌ها با رقم ۰/۲۵۶- ، نشان از چولگی به سمت چپ دارد. برای دسته‌بندی ایستگاهها از لحاظ فراوانی روزهای یخبندان و میانگین دمایی ایستگاهها، با تحلیل خوشه‌ای، نمودار شاخه‌ی درختی آنها ترسیم شد.

در تعیین رژیم دمایی کشور، دماهای یخبندان بر اساس ایستگاه، سال و ماه به چهار گروه دمایی (۴۰- ، ۳۰-)، (۳۰- ، ۲۰-)، (۲۰- ، ۱۰-) و (۱۰- ، ۰) تقسیم شدند و سپس با نرم‌افزار *جی. آی. اس* و با استفاده از روش آماری *IDW*[1] پهنه‌بندی هر گروه دمایی به صورت جداگانه انجام و مورد تحلیل قرار گرفت. همچنین برای تعیین تغییرات دوره‌ای یخبندان و تعیین مناطق دارای یخبندان، سال‌های آماری (۲۰۰۴-۱۹۷۵) به پنج دوره‌ی شش ساله تقسیم شدند. سال‌هایی که از لحاظ: الف) فراوانی روزهای یخبندان، ب) میانگین دمای سالانه یخبندان، دارای مشابهت بودند در یک طبقه قرار گرفتند. درصد، میانگین دما و مساحت تحت پوشش هر طبقه اندازه گیری شد. سپس باتوجه به نمودار شاخه درختی، فراوانی روزهای یخبندان در چهار طبقه و میانگین دمای سالانه‌ی یخبندان در پنج دسته رتبه‌بندی شدند.

جهت ایجاد پایگاه اطلاعاتی برای ایستگاهها در محیط *GIS*، نقشه‌ها اسکن و سپس رقومی شدند. سپس اطلاعات پنجاه و چهار ایستگاه مطالعاتی وارد محیط *GIS* شده و جدول توصیفی شکل گرفت. برای تبدیل داده‌های نقطه‌ای به داده‌های سطحی و تعمیم ایستگاهها به کل کشور در محیط *GIS* روش *IDW*[1] استفاده شد.

نتایج

۱. تأثیر متغیّرهای طبیعی بر بروز و شدّت یخبندان‌های کشور

میزان شیب، نوع شیب، جهت کوهها دره و ارتفاع، از جمله عواملی‌اند که در ایران در ایجاد یخبندان دخیل هستند. با بررسی عامل توپوگرافی نقش همه‌ی عوامل، به ویژه ارتفاع، در ایجاد یخبندان کاملاً مشهود است. در طبقه بندی شدت یخبندان‌ها بر اساس عامل توپوگرافی که شیب آنها پشت به آفتاب بوده‌اند، بیست و یک ایستگاه با ارتفاع زیر هزار متر دارای میانگین

1. Inverse Distance Weighted

۱/۵- درجه و سی و یک ایستگاه با میانگین ٤/٥- درجه‌ی سانتی‌گراد در ارتفاع بالای هزار متر قرار داشته‌اند (کمترین ارتفاع انزلی با ٢٦- متر و بیشترین ارتفاع آبعلی با ٢٤٦٥ متـر) که دسته‌ی اول جزو یخبندان‌های ضعیف و دسته‌ی دوم جزو یخبندان‌های شدید تلقی شده‌اند (جدول ۱).

با افزایش عرض جغرافیایی از ایستگاه‌هـای بـدون یخبنـدان در جنـوب کشـور بـه سـمت عرض‌های میانی و بالاتر بر تعداد روزها و شدت یخبندان افزوده می‌شود، اما کاهش دمـا و بـه دنبال آن کاهش یخبندان در سواحل شمالی این روند را بر هم می‌زند، که دلیل آن را مـی‌تـوان دریای خزر دانست که به عنوان یک پهنه‌ی آبی بزرگ، در فصل سرد سال، نقـش یـک تعـدیل کننده را بر عهده دارد، ولی از سمت شمال تحت تأثیر پرفشار سیبری قرار گرفتـه و بخشـی از یخبندان‌های کشور را ایجاد می‌کند. این اختلاف در مقایسه‌ی ایستگاه‌های آبعلی با ٦- درجه و انزلی و رامسر با میانگین کمتر از ۱- درجه مشهود است. در طـول دوره از جنـوب کشـور بـه ازای هر چهار درجه افزایش عرض جغرافیای یک درجه کاهش دمای هـوا رخ داده اسـت، بـه گونه‌ای که در عرض‌های ٢٤ تا ۳۰ درجه دمای ۱/۸- عرض‌های ۳۰ تا ٣٤ ٢/٤- درجه و ٣٤ تا ۳۸ میانگین ۳/۳- درجه کاهش دما صورت گرفته است.

از جمله عواملی که یخبندان‌های ایـران بـه شـدت تحـت تـأثیر آنهـا قـرار دارنـد، عوامـل سینوپتیکی هستند. با ورود سامانه‌های بارش‌زا در فصل سرد سال از سمت شمال‌غرب، غـرب، جنوب غرب و همچنین پرفشارهای سرد شمال و شمال غرب، مناطق محل ورود این امواج به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرند. وجود بیشترین روزهای یخبنـدان و سـردترین دمـاهـای زیـر صفر درایستگاه‌های محل ورود این امواج گواهی بر این ادّعاست. با ورود این جبهه‌هـای سـرد به این مناطق بر تعداد روزها و شدت یخبندان افزوده و به تدریج بـه سـمت مرکـز و شـرق و جنوب کشور از تعداد و شدت یخبندان کاسته می‌شود. به عبـارتی تجمـع عوامـل سـینوپتیکی، توپوگرافی، عرض جغرافیایی و دیگر عوامل محلـی در منـاطق شـمال غـرب و غـرب کشـور، موجبات بیشترین فراوانی روزها و سردترین دماها را فراهم آورده است.

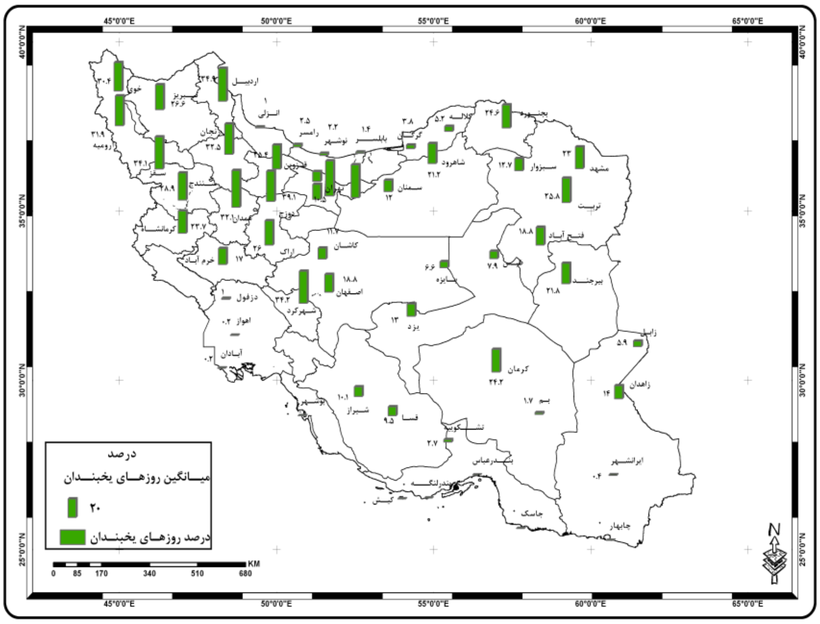
جدول (۲) طبقه بندی دمایی ایستگاه‌ها بر اساس ارتفاع

ارتفاع	تعداد ایستگاه	درصد ایستگاه‌ها در طبقه	میانگین دمای طبقه در دوره
کمتر از ۵۰۰	۱۷	۳۱/۵	-۰/۷
۱۰۰۰ - ۵۰۰	۶	۱۱/۱	-۲/۵
۱۵۰۰ - ۱۰۰۰	۲۱	۳۸/۹	-۳/۴
۲۰۰۰ - ۱۵۰۰	۷	۱۳	-۴/۹
بیشتر از ۲۰۰۰	۳	۵/۶	-۵/۵
مجموع	۵۴	۱۰۰	

۲. تحلیل تعداد روزهای یخبندان

از تعداد پنجاه و چهار ایستگاه منتخب، ایستگاه‌های بندرعباس، بندرلنگه، بوشهر، جاسک، چابهار و کیش در کل دوره‌ی آماری (۱۹۷٤-۲۰۰٤)، فاقد یخبندان بوده‌اند. میانگین سالانه‌ی یخبندان هر ایستگاه، در طول دوره، شصت و دو روز بوده است. همدان با میانگین ۱٤۳ روز ، ۳۹/۱ درصد، و اهواز با میانگین ۱روز، ۰/۲درصد، بالاترین و پایین‌ترین میانگین روزهای یخبندان را به خود اختصاص داده‌اند. همان‌گونه که از شکل (۲) برمی‌آید، توزیع پراکندگی ایستگاهها بدین صورت است که ایستگاه های بالای میانگین شصت روز یخبندان در غرب، شمال‌غرب، دامنه های جنوبی البرز و شمال شرق واقع شده‌اند، ایستگاه‌های با میانگین ۶۰- ۳۰ روز به صورت پراکنده در شرق، غرب و مرکز ایران مشخص هستند. همچنین ایستگاه های با کمتر از میانگین۳۰روز یخبندان در شمال، جنوب غرب، جنوب شرق و مرکز کشور دیده می‌شوند. نزدیک به نیمی از ایستگاه های دارای یخبندان با بیشترین میانگین و تعداد روزهای یخبندان در غرب ، شمال غرب، دامنه های جنوبی البرز و شمال شرق ایران واقع شده اند. شکل (۲) درصد میانگین روزهای یخبندان را در پهنه‌ی کشور نشان می‌دهد.

شکل (۲) توزیع درصد میانگین روزهای یخبندان در ایستگاه‌ها در طول دوره (۲۰۰۴-۱۹۷۴)

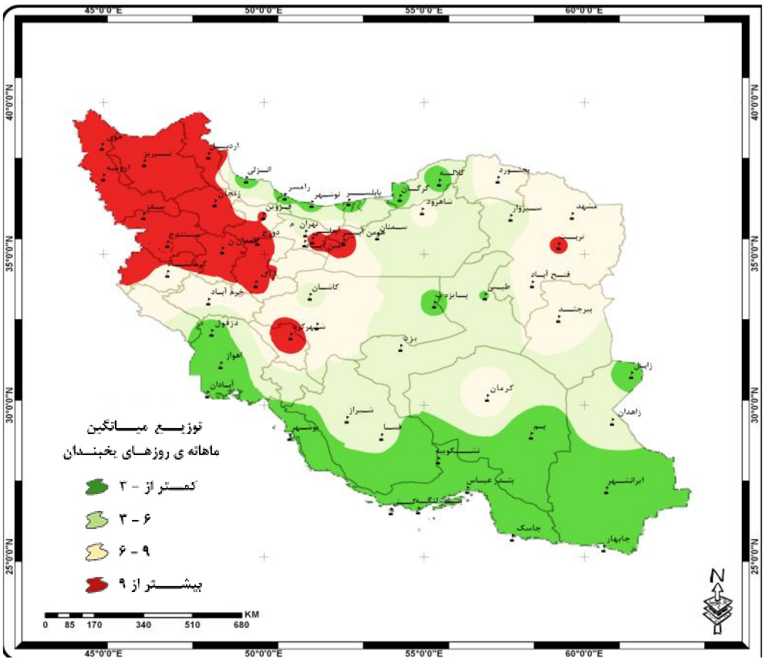


۳. توزیع ماهانه‌ی روزهای یخبندان

شکل (۳) نشان دهنده‌ی توزیع ماهانه‌ی روزهای یخبندان در پهنه‌ی کشور است. همان‌گونه که شکل مذکور نشان می‌دهد، ماه ژانویه (دی‌ماه) دارای بیشترین یخبندان در تمام ایستگاه‌ها در طول دوره بوده است. ژانویه (دی‌ماه) با میانگین بیست و هشت روز یخبندان، دارای بیشترین میانگین روزها و ماه می (اردیبهشت) با میانگین نزدیک به صفر روز، دارای کمترین میانگین روزهای یخبندان، می‌باشد. همچنین ماه‌های ژوئن (خرداد) وسپتامبر (شهریور) دارای روزهای یخبندان بوده‌اند، اما به دلیل تعداد روزهای یخبندان معدود آنها، در تحلیل میانگین‌ها، هیچ‌کدام عددی را به خود نمی‌گیرند بنابراین، ماه می (اردیبهشت) دارای کمترین یخبندان در نظرگرفته می‌شود. ماه‌های ژانویه (تیر) و آگوست (مرداد) نیز بدون یخبندان بوده‌اند. بیشترین عدد میانگین روزهای یخبندان در ماه ژانویه با سی و یک روز در ایستگاه آبعلی وپس از آن سی روز بوده که در ایستگاه های همدان، همندآبسرد و ارومیه رخ داده است. کمترین میانگین

روزهای یخبندان در ژانویه با ۰/۲ روز متعلق به ایستگاه اهواز است. دسـامبر (آذر) بـا میـانگین بیست و سه روز و با اختلاف اندکی در تعداد روزها از ماه فوریه (بهمن) دومین مـاه اسـت در این ماه بیشترین رخداد یخبندان با میانگین بیست و هشت روز در ایستگاه‌های همـدان، آبعلـی و کمترین آن با میانگین ۰/۲ روز در اهواز و آبادان به وقوع پیوسته است. فوریه (بهمـن‌مـاه) بـا میانگین بیست و سه روز پـس از دسـامبر بیشـترین میـانگین روزهـای یخبنـدان را بـه خـود اختصاص داده است. در این ماه ایستگاه همدان و همندآبسرد با میـانگین بیسـت و هفـت روز دارای بیشترین میانگین بوده‌اند. در تمامی ماهها، بیشترین میانگین روزهای یخبنـدان در منـاطق مرتفع شمال‌غرب، غرب، جنوب البرز و شمال‌شرق واقع شده که دلیل آن ناشی از زمان نفـوذ و عقب‌نشینی سامانه‌های سرد به این مناطق در طول فصل سرد سال و ارتفاع زیاد ایـن منـاطق به نظر می‌رسد. ایستگاه همدان از ماه اکتبر تا آوریل بیشترین میانگین روزهای یخبنـدان را دارا بوده است. ماه‌های مارس (اسفند) با سیزده روز، نوامبر (آبان) با ده روز، آوریل (فروردین) با دو روز، اکتبر (مهر) کمتر از دو روز و می (اردیبهشت) با میانگین نزدیک به صـفر روز، رتبـه‌هـایی را دارا بوده‌اند.

شکل(۳) توزیع میانگین ماهانه‌ی روزهای یخبندان در ایستگاه‌ها در طول دوره (۲۰۰۴-۱۹۷۴)



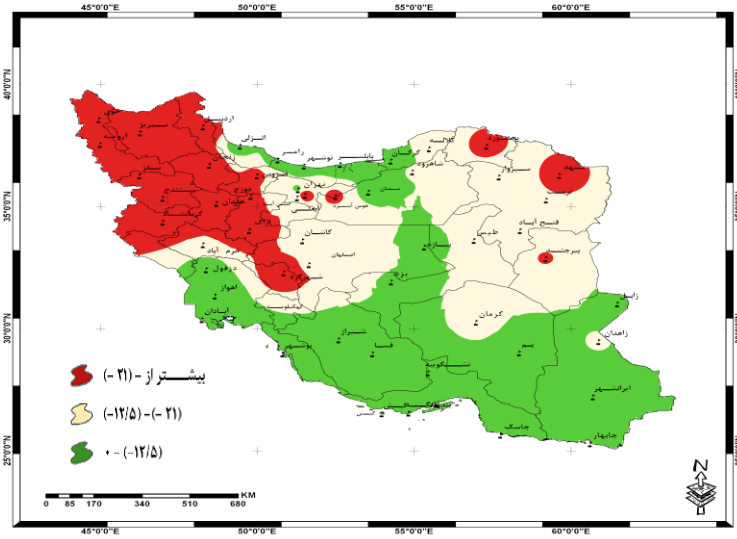
۴. تحلیل کمینه‌های مطلق دما

شکل (٤) توزیع دماهای کمینه‌ی مطلق را در کشور نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشخص است بررسی مقادیر کمینه‌ی مطلق دما، نشان می‌دهد که تفاوت‌های زیادی از این نقطه نظر در بین ایستگاهها وجود دارد. ایستگاه اردبیل با ۳۳/۸- درجه زیر صفر سردترین و ایستگاه اهواز ۱- درجه‌ی سانتی‌گراد دمای کمینه‌ی مطلق را داشته‌اند، که نشان دهنده‌ی تفاوت آشکار شمال و جنوب است. پس از اردبیل، ایستگاه های سقز و همدان با ۳۳- ، شهرکرد با ۳۲/٤- ، سنندج ۳۱- و اراک با ۳۰/۵- درجه‌ی سانتی‌گراد دارای سردترین دمای کمینه است. سردترین دماهای زیر صفر (بیشتر از ۲۱- درجه) از مناطق شمال غربی و غرب تا ایستگاه شهر کرد (شمال کهکیلویه)، دامنه‌های جنوبی البرز و همچنین مناطقی از شمال شرق مانند ایستگاه‌های مشهد، بجنورد و بیرجند را در بر گرفته است. دماهای کمینه‌ی مطلق بین ۲۱- تا ۱۲/۵- در امتداد مناطق شمال غرب و شمال شرق به طرف مرکز ایران را در بر می‌گیرند. این محدوده شامل یازده ایستگاه است. بیشترین مناطق در محدوده‌ی دمایی بیشتر از ۲۱- ، غرب و شمال‌غرب کشور است. پس از آن محدوده‌ی دمایی کمینه‌های‌مطلق صفر تا ۱۲/۵- درجه است که مناطق شمالی، مرکزی و جنوبی کشور را در بر می‌گیرند. این گستره همچون حدواسطی بین مناطق شمال‌غرب و غرب با شمال شرق به نظر می‌رسد. در کل می‌توان شمال‌غرب و غرب را مناطق بسیار شدید، دامنه‌های جنوبی البرز را با دو ایستگاه، شدید، شمال شرق را متوسط و شمال، مرکز و تا حدودی جنوب را جزو مناطق ضعیف قلمداد کرد. مناطق جنوبی کشور در خط ساحلی فاقد یخبندان‌اند.

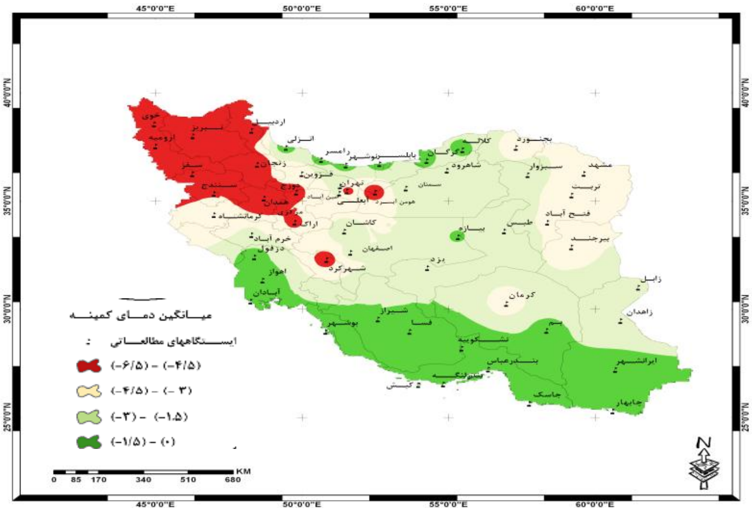
در شکل (۵) میانگین‌های دمایی از (۰) تا (٦/۵-) درجه‌ی سانتی‌گراد تقسیم‌بندی و توزیع شده‌اند. در طول دوره‌ی آماری، بیشترین میانگین را ایستگاه همدان با ٦/۵- درجه زیر صفر و پس از آن سقز با ٦-، اردبیل ۵/۹-، آبعلی ۵/۸-، زنجان و هومن‌آبسرد ۵/۷- درجه‌ی سانتی‌گراد زیر صفر بیشترین میانگین‌های زیر صفر و کمترین آنها نیز در ایستگاه اهواز با ۰/۲- درجه بوده‌است. بیشترین میانگین دمای سالانه‌ی زیر صفر با ۱۰/۹- درجه در سال ۱۹۸۹ به ایستگاه سقز و سپس ایستگاه همدان با ۱۰/٤- درجه تعلق دارد. ابتدای دوره، سال‌های (۸٤ – ۱۳۸۲)، سال ۱۹۸۹، سال‌های ۱۹۹۰ و ۱۹۹۲ و سال ۲۰۰۲ سال‌های اوج یخبندان بوده‌اند، که سال ۱۹۸۹ نقطه‌ی اوج

این سال‌هاست. در برخی از ایستگاهها مانند سقز و همـدان از ابتـدای دوره تـا پایـان آن بـا کـاهش پنجاه درصدی در میانگین دمای خود روبرو بوده‌انـد کـه بـه نـوعی بیـانگر کـاهش عمـومی دمـای یخبندان در ایران است. در توزیع مکانی میانگین‌ها نیز سردترین دماهای زیر صفر در منـاطق غـرب، شمال غرب و دامنه‌های جنوبی البرز قرار دارند.

شکل (۴) توزیع دماهای کمینه‌ی مطلق ایستگاه‌ها در طول دوره (۲۰۰۴-۱۹۷۴)



شکل (۵) توزیع میانگین دماهای زیر صفر ایستگاه‌ها در طول دوره (۲۰۰۴-۱۹۷۴)

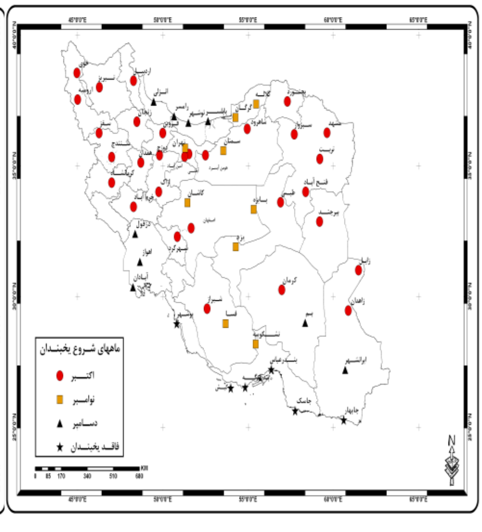


۵. تحلیل شروع، پایان و طول دوره‌ی یخبندان

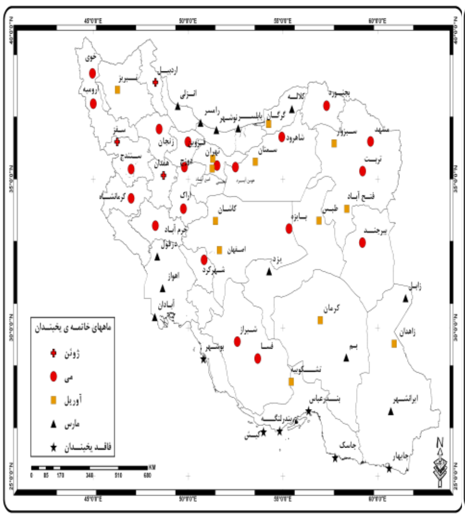
شکل‌های (٦و٧) ماه‌های شروع و پایان یخبندان را در کشور نشان می‌دهند. زودترین شروع سالانه، روز یکم اکتبر بوده و دیرترین شروع یخبندان سالانه در روز ۲۳ اکتبر سال ۲۰۰۳ در ایستگاه زنجان با دمای ۲- درجه‌ی سانتی‌گراد رخ داده‌است. سردترین دمای شروع یخبندان ۵- درجه در سال ۱۹۹۹ در ایستگاه سقز بوده و سردترین دمای پایانی یخبندان، با ٤- درجه در سال در ایستگاه اردبیل بوده است. بیشترین شروع‌های یخبندان در ایران در ماه اکتبر رخ داده‌اند شکل (٦). دیرترین پایانی یخبندان بهاره در ماه ژوئن، در غرب و زودترین پایانی نیز در ماه مارس در ایستگاه‌های شمال، جنوب و مرکزی کشور اتفاق افتاده است (شکل ۷).

بیشترین روزهای آغاز یخبندان اکتبر، به ایستگاه‌های همدان با ۲۰۹ روز، سقز با ١٦٢روز و شهرکرد با ۱۵۳ روز مربوط است. باتوجه به تعداد روزهای یخبندان ماه ژوئن (۵ روز) در سه ایستگاه غربی، نمی‌توان این ماه را به عنوان ماه پایانی یخبندان به کل ایران تعمیم داد. اما ماه مـی (اردیبهشت) با صد روز از مجموع ٤٩١ روز پایانی یخبندان در طول دوره، نقش پررنگ‌تری را به عنوان ماه پایانی ایفا می‌کند. هرچه یخبندان‌های پاییزه به تأخیر افتاده‌اند، پایان یخبندان‌های بهاره زودتر فرارسیده و طول دوره‌ی یخبندان کوتاه‌تر بوده است و بالعکس. ایستگاه‌هایی که ماه شروع آنها اکتبر بوده درشمال‌غرب، غرب تا شهرکرد، دامنه‌های جنوبی البرز، شمال شرق و چند ایستگاه در جنوب شرق واقع شده‌اند. همچنین ایستگاه‌هایی که شروع یخبندان در آنها به ماه نوامبر کشیده شده، به صورت دیواری از جنوب کوه‌های البرز تا شمال استان هرمزگان را احاطه کرده‌اند (شکل ٦). به نظر می‌رسد که ایستگاه‌های شمالی به دلیل وجود دریای خزر، ایستگاه‌های استان خوزستان به خاطر ارتفاع کم و عامل تأثیرگذار از طرف عربستان و جنوب شرق نیز شاید عوامل مؤثر اقیانوس هند در تعدیل و کاهش طول دوره‌ی یخبندان تأثیر گذار بوده است. پایان یخبندان‌ها در بهار از پراگندگی و آشفتگی بیشتری برخوردارند.

طول دوره‌ی یخبندان در ایستگاه‌های مطالعاتی نیز به نوعی از زمان شروع و پایان پیروی کرده‌است. ایستگاه سقز با ۲٤۷ روز بیشترین طول دوره‌ی یخبندان و کمترین طول دوره‌ی یخبندان را اهواز با ٦٥ روز به خود دیده‌اند. ایستگاه‌هایی که از صفر روز تا ۱۱۰ روز یخبندان داشته‌اند، سراسر مناطق جنوبی کشور ازجنوب‌غرب تا جنوب‌شرق را در برگرفته‌اند، که مجموعاً دوازده ایستگاه را شامل می‌شود. ایستگاه‌های بین صد و هشتاد تا صد و ده روز مناطقی از جنوب غرب، جنوب شرق، مرکز و شمال ایران را در بر گرفته‌اند. این دسته، پانزده ایستگاه را شامل می‌شود. دسته‌ی سوم از صدو و هشتاد روز به بالا با بیست و هفت ایستگاه، مناطق شمال‌غرب، غرب تا شهرکرد، دامنه‌های جنوب البرز و شمال‌شرق و شرق را دربر می‌گیرد. می‌توان چنین نتیجه گرفت که بیشترین طول دوره‌ی یخبندان در غرب، شمال‌غرب، دامنه‌های جنوبی البرز و شمال شرق ایران رخ می‌دهد. کمترین طول دوره در مناطق ساحلی جنوب و شمال کشور واقع‌اند، جایی که عرض جغرافیایی، عامل دریا، امواج گرمایی زیاد و دمای بالای هوا عامل کاهش و تعدیل یخبندان‌های به حساب می‌آیند. شکل (۸) توزیع طول دوره‌ی یخبندان را در ایستگاه‌های کشور نشان می‌دهد همچنین جدول (۳) به ترتیب ماه، سال، روز شروع، تعداد روز دارای یخبندان در ماه و طول دوره‌ی یخبندان را در ایستگاه‌ها نشان می‌دهد.



شکل (۶) ماه‌های شروع یخبندان



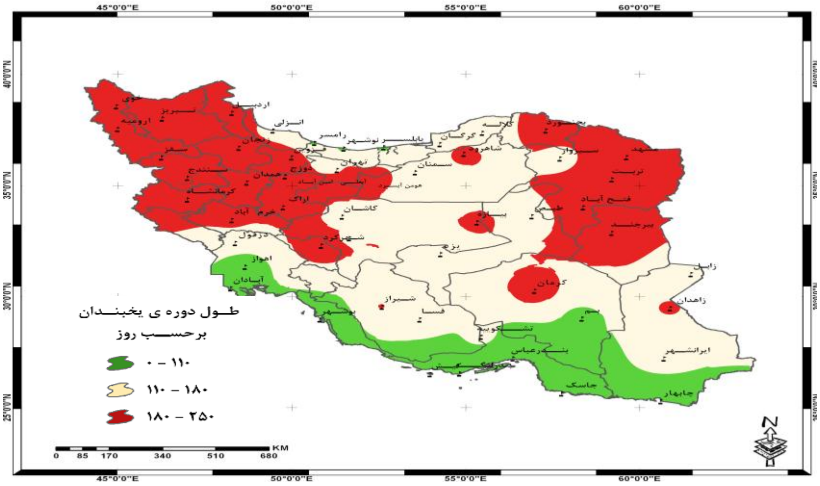
شکل (۷) ماههای خاتمه یخبندان

جدول (۳) تاریخ زودترین شروع، دیرترین خاتمه و طول دوره یخبندان در هر ایستگاه در طول دوره

ایستگاه	تاریخ زودترین شروع یخبندان در طول دوره				تاریخ دیرترین خاتمه‌ی یخبندان در طول دوره				طول دوره
	تاریخ روز شروع	ماه شروع	سال شروع	تداوم (روز)	تاریخ روز خاتمه	ماه خاتمه	سال خاتمه	تداوم (روز)	
آبادان	۱۸	دسامبر	۲۰۰۴	۳	۴	مارس	۱۹۸۵	۱	۷۷
آبعلی	۵	اکتبر	۲۰۰۰	۵۵	۲۵	می	۱۹۹۱	۲۴	۲۳۲
اراک	۲۱	اکتبر	۱۹۸۴	۱۱	۲	می	۱۹۸۴	۱	۱۹۴
اردبیل	۱	اکتبر	۱۹۹۱	۱۱۹	۲۳	ژوئن	۱۹۹۳	۲	۲۱۴
ارومیه	۱۲	اکتبر	۱۹۸۷	۲۸	۷	می	۱۹۹۰	۴	۲۰۹
اصفهان	۲۱	اکتبر	۱۹۸۴	۱	۱۲	آوریل	۱۹۹۷	۲	۱۷۴
امین‌آباد	۱۸	اکتبر	۱۹۸۶	۱	۲۸	آوریل	۱۹۹۲	۲۵	۱۸۹
انزلی	۷	دسامبر	۱۹۹۴	۲	۱۸	مارس	۱۹۹۰	۱۷	۱۶۳
اهواز	۲۸	دسامبر	۱۹۷۴	۴	۲	مارس	۱۹۷۶	۱	۶۵
ایرانشهر	۹	دسامبر	۱۹۹۴	۱۰	۸	مارس	۱۹۷۹	۶	۱۵۱
بابلسر	۲	دسامبر	۱۹۸۷	۲۷	۱۲	مارس	۱۹۷۶،۸۵	۱۰	۱۰۱
بیازه	۲	نوامبر	۱۹۷۶،۷۹	۳۸	۹	می	۱۹۷۹	۱	۱۸۵
بجنورد	۸	اکتبر	۱۹۹۳	۵۲	۲	می	۲۰۰۳	۱	۲۰۷
بم	۱	دسامبر	۱۹۸۷	۵۱	۷	مارس	۱۹۷۹	۳	۹۷
بندر عباس									
بندر لنگه									
بوشهر									
بیرجند	۱	اکتبر	۱۹۸۱	۶۷	۲	می	۱۹۸۹	۱	۲۱۴
تبریز	۱۹	اکتبر	۱۹۸۴	۹	۲۳	آوریل	۱۹۹۳	۳۷	۱۸۷
تربت	۴	اکتبر	۱۹۸۸،۹۶	۵۷	۴	می	۱۹۸۹	۳	۲۱۳
تشکوییه	۲۲	نوامبر	۱۹۸۸	۹	۲	آوریل	۱۹۸۹	۲	۱۳۱
تهران م	۵	نوامبر	۱۹۷۸	۲۳	۳	آوریل	۱۹۸۱	۴	۱۵۰
جاسک									
چابهار									

خرم آباد	۱۸	اکتبر	۱۹۸۳	۴	۲	می	۱۹۸۴	۱	۱۹۷
خوی	۶	اکتبر	۱۹۷۷	۵۲	۵	می	۱۹۹۲	۱	۲۱۲
دزفول	۳	دسامبر	۱۹۸۲	۱۵	۹	مارس	۱۹۸۵	۱۱	۱۲۷
دوزج	۳	اکتبر	۱۹۷۴	۶۷	۹	می	۱۹۹۳	۹	۲۱۹
رامسر	۷	دسامبر	۱۹۹۴	۴۷	۲۱	مارس	۱۹۹۰	۳۴	۱۰۵
زابل	۲۳	اکتبر	۱۹۷۵	۱	۱۴	مارس	۱۹۹۲	۲۱	۱۴۳
زاهدان	۴	اکتبر	۱۹۹۶	۳۰	۶	آوریل	۱۹۹۴	۲	۱۸۵
زنجان	۵	اکتبر	۱۹۷۵	۶۵	۲۵	می	۱۹۹۱	۱۲	۲۳۳
سبزوار	۱۹	اکتبر	۱۹۹۵	۳	۳	آوریل	۱۹۸۱	۲	۱۶۷
سقز	۱	اکتبر	۱۹۹۲	۱۶۲	۴	ژوئن	۲۰۰۲	۲	۲۴۷
سمنان	۱۵	نوامبر	۱۹۷۵،۷۶،۸۸	۴۱	۳	آوریل	۱۹۸۱	۲	۱۴۰
سنندج	۴	اکتبر	۱۹۸۳	۶۹	۱۷	می	۱۹۸۱	۵	۲۲۶
شاهرود	۱۴	اکتبر	۱۹۷۴	۱۲	۱	می	۱۹۷۹	۱	۲۰۰
شهرکرد	۳	اکتبر	۱۹۹۰	۱۵۳	۲۴	می	۲۰۰۴	۱۵	۲۳۳
شیراز	۲	نوامبر	۱۹۸۳	۵۰	۱	می	۱۹۸۵	۱	۱۸۱
طبس	۲۷	اکتبر	۱۹۸۱	۳	۳	آوریل	۱۹۸۱	۱	۱۵۹
فتح آباد	۱۲	اکتبر	۱۹۸۷	۸	۳۰	آوریل	۱۹۷۹	۱۵	۲۰۵
فسا	۱۵	نوامبر	۱۹۸۶	۴۳	۱	می	۱۹۸۷	۱	۱۶۸
قزوین	۱۱	اکتبر	۱۹۷۴	۱۳	۵	می	۱۹۹۲	۱	۲۰۷
کاشان	۶	نوامبر	۱۹۷۸	۵۹	۱۲	آوریل	۱۹۹۷	۴	۱۵۸
کرمان	۱	اکتبر	۱۹۸۴	۷۸	۳۰	آوریل	۱۹۷۹	۱۴	۲۱۲
کرمانشاه	۱۷	اکتبر	۱۹۷۵	۲۰	۹	می	۲۰۰۳	۳	۲۰۵
کلاله	۹	نوامبر	۱۹۷۵	۶	۲۹	مارس	۱۹۸۶	۸۸	۱۴۱
کیش									
گرگان	۱۵	نوامبر	۱۹۷۵	۱	۲	آوریل	۱۹۸۷	۱	۱۳۹
مشهد	۳	اکتبر	۱۹۹۶	۸۳	۳	می	۱۹۸۹	۱	۲۱۳
نوشهر	۷	دسامبر	۱۹۷۵	۴۶	۱۹	مارس	۱۹۹۰	۲۳	۱۰۳
همدان ن	۳	اکتبر	۱۹۹۰،۹۲	۲۰۹	۴	ژوئن	۱۹۷۸	۱	۲۴۵
هومن‌آبسرد	۸	اکتبر	۱۹۹۳	۶۲	۲	می	۱۹۹۲،۱۹۸۵	۱۳	۲۰۷
یزد	۱	نوامبر	۱۹۸۱	۸۸	۲۶	مارس	۱۹۹۲	۶۱	۱۴۶

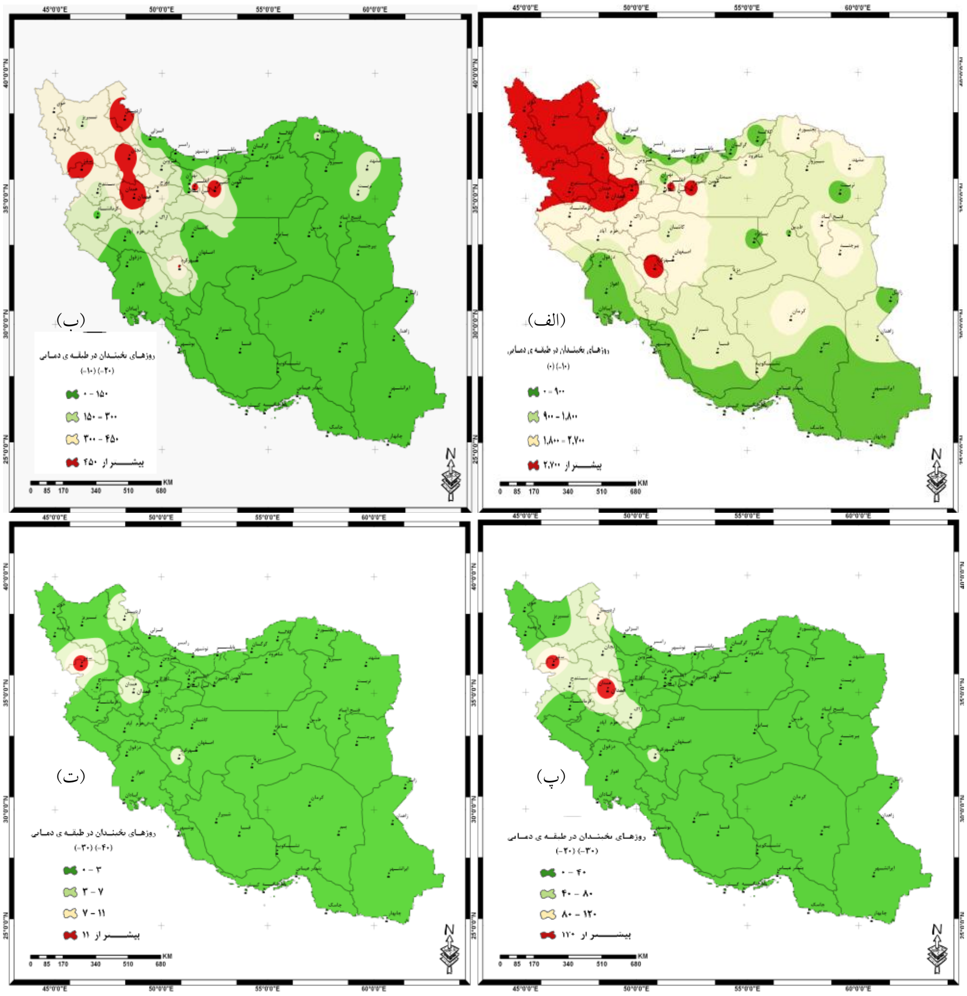
شکل (۸) طول دوره‌ی یخبندان بر حسب روز در ایستگاه‌ها در طول دوره (۲۰۰۴-۱۹۷۴)



۶. تحلیل شدت یخبندان ها در ایران

درطبقه‌بندی دمایی به چهار گروه (۱۰– تا ۰)، (۲۰– تـا ۱۰–)، (۳۰– تـا ۲۰–) و (۴۰– تـا ۳۰–)، به ترتیب (شکل ۹ الف، ب، ج، د) مناطق، سال‌ها و ماههای دارای بیشترین و شـدیدترین یخبندان‌ها مشخص و تعداد روزهای هر طبقه‌ی دمایی درج شده است. بر این اساس بیشـترین تعداد روزهای یخبندان در تمامی ایستگاه‌ها در طول دوره، ۹۱/۲ درصد کل روزها، در طبقـه‌ی دمایی (۱۰– تا ۰) قرار گرفته، سپس طبقه‌ی دوم (۲۰– تا ۱۰–)، بـا هشـت درصـد کـل روزهـا، قراردارد. طبقه‌ی سوم (۳۰– تا ۲۰–) نیز۰/۷۷ درصد از کل روزهـا را بـه خـود اختصـاص داده است و در پایان کمترین روزهای یخبندان با ۰/۰۳ درصد، متعلق به طبقه‌ی چهارم (۴۰– تـا ۳۰) است که شـدیدترین دماهـا را در برگرفتـه اسـت. طبقـه‌ی دمـایی (۱۰– تـا ۰) (شـکل ۹ الـف) ایستگاه‌هایی که از صفر روز (شش ایستگاه جنوبی در کل دوره بدون یخبندان بـوده‌انـد) تـا نهصـد روز یخبندان را تجربه کرده‌اند، بیشـتر در منـاطق شـمالی، جنـوبی و چنـد ایسـتگاه در شـرق، شمال‌شرق و مرکز کشور پراکنده‌اند. بیشـترین مسـاحت کشـور را کـه بیشـتر منـاطق مرکـزی را پوشش می‌دهد از نهصد تا هزار و هشتصد روز (شکل۹ ب) یخبندان را داشته‌انـد و شـامل بیشـترین تعداد ایستگاه‌ها نیز هستند. از هزار و هشتصد روز تا دوهزار و هفتصد روز (شکل۹ ج) یخبنـدان را

ایستگاه‌هایی دارا بوده‌اند که در قسمت‌های غربی تا جنوب شهرکرد، دامنه‌های جنوبی البرز، مرز شمال‌شرق همچنین دو ایستگاه در شرق و یک ایستگاه در مرکز را در بر گرفته‌اند. ایستگاه‌هایی که بالای ۲۷۰۰ روز (شکل ۹ د) یخبندان را داشته‌اند، در شمال غرب دامنه‌های جنوبی البرز و غرب قرار دارند که شهرکرد را نیز در بر می‌گیرند. با توجه به تقسیم‌بندی‌های مختلفی که برای دماهای یخبندان انجام می‌شود، این نکته مسلم شده است که ایستگاه‌هایی که دارای بیشترین و شدیدترین روزهای یخبندان هستند، در غرب، شمال‌غرب، دامنه‌های جنوبی البرز و بعضاً در شمال شرق دیده می‌شوند و کمترین آنها در مناطق شمالی و جنوبی کشور واقع‌اند و ایستگاه‌های مابین آنها در مناطق مرکزی قراردارند.



شکل۹ (الف) توزیع روزهای یخبندان در طبقه‌ی دمایی (۰ تا ۱۰-)، (ب) توزیع روزهای یخبندان در طبقه‌ی دمایی (۱۰- تا ۲۰-)، (پ) توزیع روزهای یخبندان در طبقه‌ی دمایی (۲۰- تا۳۰-)، (ت) توزیع روزهای یخبندان در طبقه‌ی دمایی (۳۰- تا ٤٠-) درجه‌ی سانتی‌گراد.

۷. تحلیل زمانی و مکانی روند یخبندان

برای به دست آوردن روند تغییرات یخبندان، از تقسیم بندی سال‌های مورد مطالعه به پنج دوره‌ی آماری شش ساله از ۲۰۰٤ تا ۱۹۷۵ استفاده شده است. (جدول ۳) این روند بدین گونه است که در گذار از دوره‌ی اول به دوره‌ی دوم با دو روز افزایش در میانگین روزها، دوره‌ی دوم به سوم سه روز کاهش، دوره‌ی سوم به چهارم پنج روز و از دوره‌ی چهارم به پنجم با پنج روز کاهش در میانگین روزها روبرو بوده‌ایم. بیشترین میانگین روزهای یخبندان در دوره‌ی دوم (۸٦-۱۹۸۱) با میانگین پنجاه و هفت روز رخ داده است و کمترین آن در دوره‌ی پنجم (۲۰۰٤-۱۹۹۹) با میانگین چهل و چهار روز بوده است. با این توضیح می‌توان گفت که از دوره‌ی اول به دوم با افزایش محدودی در میانگین روزهای یخبندان روبرو بوده، اما از این دوره به بعد کاهش نسبتاً محسوسی به چشم می‌خورد. به این صورت که از دوره‌ی دوم به بعد با کاهش مشابهی در میانگین روزهای یخبندان روبرو هستیم. این کاهش در دوره‌ی پنجم نسبت به دوره‌ی اوج یخبندان، میانگین یازده روز تفاوت دارد. از لحاظ دمای میانگین دوره، دوره‌ی (۹۲-۱۹۸۷) با ٤/۸- درجه‌ی سانتی‌گراد، سردترین دوره بوده و پس از آن دوره دوم با ٤/٥- درجه قراردارد. از دوره‌ی اول تا سوم که نقطه‌ی اوج از نظر دمای میانگین به حساب می‌آید با کاهش دما همراه است و پس از آن افزایش نامحسوس دما مشاهده می‌شود. اختلاف بین دمای میانگین دوره‌ها زیاد به نظر نمی‌رسد.

بیشترین میانگین روزهای یخبندان و بالاترین دماهای زیر صفر را در طول دوره، ایستگاه‌های شمال غرب، غرب و دامنه‌های جنوبی البرز مانند اردبیل، سقز، زنجان، همدان، آبعلی، همندآبسرد و شهرکرد دارا بوده‌اند. کمترین آن در مناطق شمالی و جنوبی کشور رخ داده است و مناطق مرکزی نیز در حد وسط قرار دارند. با توجه به کاهش عمومی یخبندان و

عـدم کـاهش ارتفـاع در ایسـتگاهها، علـل را بایـد ناشـی از شـرایط سـینوپتیکی، تغییـرات در اقلیم‌جهانی از جمله گرم‌شدن زمین و کاهش نفوذ توده‌های هوای سرد دانست. بنابراین تحلیـل و تفسیر شرایط سینوپتیکی یخبندان های ایران باید بیش از پیش مورد توجه قرارگیرد.

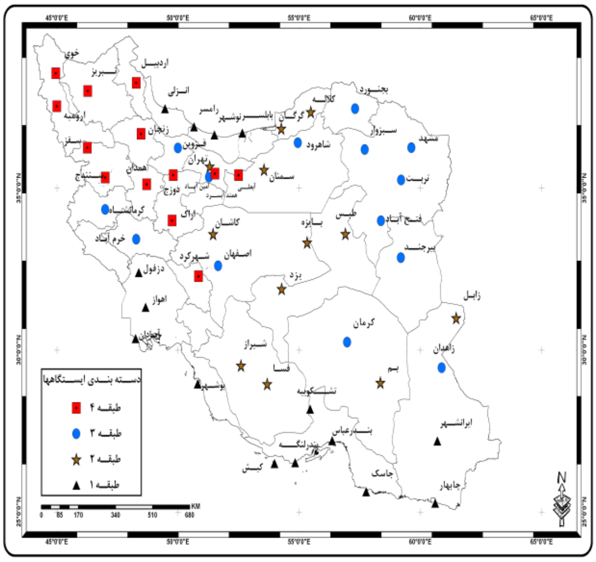
جدول (۴) توزیع فراوانی روزهای یخبندان در دوره‌های مطالعاتی

طبقات (میانگین روز) / دوره‌ها	کمتر از ۳۰ km^2	۷۰ – ۳۰ km^2	۱۰۰ – ۷۰ km^2	بیشتر از ۱۰۰ km^2	فراوانی روز	درصد روز	میانگین روز	میانگین دما
۱۹۸۰ – ۱۹۷۵	۵۰۱۲۷۸	۶۶۴۷۱۵	۲۹۰۳۵۸	۱۹۱۸۴۴	۱۸۹۷۱	۲۱	۵۵/۲	-۴/۲
۱۹۸۶ – ۱۹۸۱	۴۷۵۲۱۱	۶۴۵۷۴۰	۳۱۹۶۱۰	۲۰۷۶۳۴	۱۹۴۵۷	۲۲	۵۷	-۴/۵
۱۹۹۲ – ۱۹۸۷	۴۸۴۱۴۳	۷۶۱۲۸۵	۱۹۹۰۷۴	۲۰۳۶۹۴	۱۸۶۹۸	۲۱	۵۴/۳	-۴/۸
۱۹۹۸ – ۱۹۹۳	۶۰۰۴۰۸	۶۶۵۰۵۴	۲۳۰۷۳۰	۱۵۲۰۰۳	۱۶۸۳۲	۱۹	۴۹/۲	-۴
۲۰۰۴ – ۱۹۹۹	۶۹۶۹۳۳	۶۵۵۹۱۵	۲۲۶۱۱۵	۶۹۲۳۲	۱۵۱۴۸	۱۷	۴۴	-۳/۸

۸. منطقه‌بندی یخبندان در ایران

برای تعیین مناطق مشابه و متفاوت کشور از نظر توزیع دمایی به منـاطق ضـعیف، متوسـط، شدید و بسیار شـدید بـا روش تحلیـل سلسـله مراتبـی و اسـتفاده از نمـودار شـاخه درختـی، منطقه‌بندی دمای یخبندان در ایران بر اساس فراوانی روزهای یخبندان، متوسط دمـای سـالانه و شاخص‌های پراکندگی از جمله انحراف معیار، واریانس و ضریب چولگی دسـته‌بنـدی شـدند. دقیق‌ترین منطقه‌بندی دمای یخبندان نزدیک به واقعیت اقلیمی ایران، دسته‌بندی بر اساس دمـای متوسط سالانه بوده است. در گروه یخبندان‌های ضعیف شش ایستگاه جنـوبی بـدون یخبنـدان بوده و سایر ایستگاه‌ها میانگین دمایی کمتر از ۱- را داشته‌اند. در این گروه به نظر می‌رسد دلیل کم بودن میانگین دمایی ایستگاه‌های جنوبی، ارتفاع پایین، نزدیکی به دریا و منبـع رطـوبتی آن،

عرض جغرافیایی پایین و نزدیکی به خط استوا، ایستگاه‌های جنوب غرب نیز به همان دلایل و احتمالاً اثرپذیری از ورود جبهه‌ی گرم عربستان باشد. اما ایستگاه های شمالی، ارتفاع پایین‌تر از سطح دریا (میانگین ارتفاعی ۲۰-) و دوم عامل رطوبتی و تعدیل کنندگی دریای خزر تأثیر گذار است. گروه یخبندان های متوسط شامل دوازده ایستگاه بوده که در مرکز ایران پراکنده‌اند و بیشتر آنها با ارتفاع بین ۷۰۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا (بجز ایستگاه زابل با ٤٨٩ متر ارتفاع) و میانگین دمای ۲- تا ۱- درجه‌ی سانتی‌گراد، جزو این گروه قرار گرفته‌اند. در گروه یخبندان‌های شدید، ایستگاه‌ها، بین ارتفاع دوهزار تا نهصد متر و میانگین دمای ٤/۲- تا ۲/۵- درجه‌ی سانتی‌گراد قرار دارند. در این گروه از ایستگاهها به نظر می‌رسد عامل ارتفاع در توزیع دماها تعیین کننده است. گروه یخبندان‌های بسیار شدید شامل سیزده ایستگاه بوده که یازده ایستگاه آن در غرب و شمال غرب و دو ایستگاه در دامنه‌های جنوبی البرز جای گرفته‌اند که نشان از رخداد دماهای شدید یخبندان در این مناطق دارد. ارتفاع در این گروه بین دو هزار و پانصد تا هزار و صد متر و میانگین دمای ایستگاه‌ها بین ٦/۵- تا ٤/۵- درجه‌ی سانتی‌گراد متغیّر بوده‌است. در افزایش و کاهش فراوانی روزهای همراه با یخبندان، شرایط سینوپتیکی و عوامل بیرونی و در شدت و ضعف دماهای یخبندان غیر از شرایط سینوپتیکی عامل ارتفاع و عرض جغرافیایی نیز بسیار مؤثر به نظر می‌رسد. در دماهای شدید و بسیار شدید یخبندان عامل ارتفاع و در دماهای ضعیف عوامل دوری و نزدیکی به دریا و عرض جغرافیایی بیشترین نقش را داشته‌اند. تمامی ایستگاه‌هایی که در گروه یخبندان‌های بسیار شدید جای‌گرفته‌اند در غرب، شمال‌غرب و ارتفاعات البرز قرار دارند. ایستگاه های با دمای یخبندان شدید در شمال‌شرق و غرب، ایستگاه‌های با دمای یخبندان متوسط در مرکز ایران و ایستگاه‌های با دمای یخبندان کم یا ضعیف در مناطق جنوبی و شمالی کشور توزیع شده‌اند. شکل (۱۰) توزیع مکانی ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل (۱۰) طبقه‌بندی ایستگاه‌ها بر اساس میانگین دمای سالانه با استفاده از نمودار شاخه درختی

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که سردترین دماها در مناطقی قرار دارند که محل وقوع بیشترین فراوانی‌هاست. از جنوب کشور به طرف شمال هرچه بر تعداد روزهای یخبندان افزوده شده، دما نیز سردتر شده است، به گونه‌ای که بیشترین رخدادهای یخبندان و شدیدترین دماهای زیر صفر در مناطق غرب، شمال‌غرب، دامنه‌های جنوبی البرز و شمال شرق اتفاق می‌افتد. پس از آن، از جنوب کوه‌های البرز تا مرکز ایران، شرق و شمال کشور قرار دارند و جنوب کشور در خط ساحلی شامل ایستگاه‌های چابهار، جاسک، بندرعباس، بندرلنگه، کیش و بوشهر بدون یخبندان است. ماه شروع یخبندان در مناطقی از جمله غرب، شمال‌غرب، شمال‌شرق و جنوب کوه های البرز اکتبر (مهر) بوده است که در ایستگاه های شمالی و جنوبی تا ماه دسامبر (آذر) به تأخیر می‌افتد. ماه ژوئن (خرداد) با کمتر از ده روز رخداد یخبندان آن‌هم تنها در ایستگاه های همدان، سقز و اردبیل، نمی‌تواند به عنوان ماه پایانی یخبندان ایران تلقی شود. بنابراین، ماه می (اردیبهشت) ماه پایانی یخبندان در نظر گرفته می‌شود. هرچه شروع یخبندان‌های پاییزه به تأخیر افتاده، ماه پایانی آنها در بهار زودتر فرارسیده است. جایی که تعداد

روزها بیشتر بوده، یخبندان شدیدتر و شروع یخبندان پاییزه زودتر اتفاق افتاده و طول دوره یخبندان بیشتر شده است. یعنی ارتفاع زیاد، عرض جغرافیایی بالا با فراوانی روزها، یخبندان شدید، زودترین آغازها و طولانی شدن دوره در ارتباط مستقیم است. در طبقه‌بندی دماهای زیر صفر به چهار دسته، از صفر درجه تا ٤٠- ، (۹۹درصد) روزهای یخبندان، در گروه دمایی اول یعنی (صفر تا ۱۰- درجه) اتفاق افتاده است و تنها چند ایستگاه درشمال‌غرب، دو ایستگاه در البرز و سه ایستگاه در شمال شرق در طبقات زیر ۲۰- درجه قرار دارند. می‌توان چنین نتیجه گرفت که غرب، البرز و شمال شرق کشور بیشترین و شدیدترین مناطق یخبندان ایران هستند. بین دماهای بسیار پایین و زودترین آغازها و طول دوره ارتباط وجود دارد، به طوری که مناطقی که دارای سردترین دماها بوده‌اند، یخبندان زودتر آغاز شده است و طول دوره‌ی بیشتری داشته‌اند. میانگین دمای ایران طیّ سی سال آمار (۲۰۰٤-۱۹۷٤) ۳- درجه‌ی سانتی‌گراد بوده است. اگر از ایستگاه‌های با بیشترین فراوانی و شدیدترین دماهای یخبندان نام برده شود، می‌توان گفت که پای ثابت یخبندان های ایران، ایستگاه های همدان، سقز، اردبیل، آبعلی، همند آبسرد و شهرکرد به ترتیب با دمای میانگین (٦/٥- درجه)، (٦- درجه)، (٥/٩- درجه)، (٥/٨-)، (٥/٧-)، (٥/٣-) و میانگین روزهای (۱٤۳)، (۱۲٤)، (۱۲۸)، (۱۳۷)، (۱۲۷)، (۱۲٥) هستند. روند کلی یخبندان در طول دوره، روندی کاهشی بوده است. به نظر می‌رسد که عامل ارتفاع در ایجاد، افزایش و تشدید فراوانی و دمای یخبندان ها در ایران نقش زیادی داشته باشد، اما در روند کاهشی یخبندان نمی‌توان ارتفاع کم را دخیل دانست. عدم رخداد یخبندان در جنوب کشور به دلیل عرض جغرافیای پایین، نزدیکی به خط استوا و عامل رطوبت است. اما در شمال کشور با وجود واقع شدن در عرض‌های بالاتر و قرار گیری در محل ورود سیستم‌های پرفشار سرد شمالی، دلیل کاهش یخبندان را باید در عامل رطوبت دریای خزر جستجو کرد. به نظر می‌رسد که ارتفاع، عرض‌جغرافیایی و رطوبت در افزایش و یا کاهش یخبندان‌های ایران نقش زیادی را ایفا می‌کنند و ازدیاد روزهای یخبندان، طول دوره‌ی زیاد، سردترین دماها و میانگین‌ها، با ارتفاع، عرض جغرافیایی و عامل سینوپتیکی در ارتباط مستقیم باشند.

منابع و مآخذ:

۱. آمار سازمان هواشناسی کشور (۲۰۰٤ - ۱۹۷٤) در سال (۱۳۷٦).

۲. اسدی بروجنی و همکـاران، (۱۳۸۱)، "***تعیین احتمال وقوع تجربی و دوره بازگشـت حـداقل دمـا در ماههای اسفند، فروردین و اردیبهشت در باغ های بادام منطقه سامان***"، مجله‌ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال نهم، شماره سوم: ۵۷ – ٤۹.

۳. حیدری‌گندمان، محمد طالب، (۱۳۷٤)، "***بررسی آمـاری و سـینوپتیکی وضـعیت یخبنـدان در غـرب کشور***"، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، به راهنمایی مهندس حسین اردکانی، دانشگاه تهران.

٤. روشنی، محمود و عبدالهی، علی، (۱۳۸۵)، "***تحلیل آماری یخبندان ایسـتگاه اراک*** (۱۹۷۰ - ۱۹۹۲)"، مجموعه مقالات اولین همایش جغرافیا و قرن ۲۱، دانشگاه آزاد اسلامی و احـد نجـف آبـاد، ۱٦۵ – ۱۵۷.

۵. علیجانی، بهلول، (۱۳۷۵)، ***آب و هوای ایران***، انتشارات دانشگاه پیام نور: ۲۵۰.

٦. علیزاده، امین، (۱۳۸۵)، ***اصول هیدرولوژی کاربردی***، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد: ۸۰۷.

۷.فتاحی، ابراهیم و صالحی پاک، تهمینه، (۱۳۸۸)، " ***تحلیل الگوی سینوپتیکی یخبندان هـای زمسـتانه‌ی ایران***" ، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۳، ۱۳٦ – ۱۲۷ .

۸. فرج زاده اصل منوچهر، (۱۳۸٦)، ***تکنیک‌های اقلیم شناسی***: ۳٦۰.

۹. کمالی، غلامعلی و صحراییان، فاطمـه، (۱۳۸٤)، " ***بررسی آماری وقوع سرما و یخبندان هـای بهـاره و پاییزه در استان آذربایجان شرقی***"، دانش کشاورزی، ۱۵ (٤) ۲۰۹ – ۱۹۷ .

۱۰. گرجی، یوسف، ثابت، خسرو، (۱۳۷۱)، ***اثر سرمای دیررس سال ۱۳۶۶ بر راشستان‌های منطقه‌ی گلبند (نوشهر)***، پژوهش و سازندگیف شماره‌ی ۱۵: ۲۱ – ۱۸.

۱۱. مجرد قره باغ، فیروز، (۱۳۷٦)،" ***تحلیل و پیش بینی یخبندان در آذزبایجان***"، رسـاله‌ی دوره دکتـرای اقلیم شناسی،به راهنمایی دکتر علی اصعر موحد دانش، دانشگاه تربیت مدرس.

۱۲. محمدی، حسین و محمودی، پیمـان، (۱۳۸۵)، "***تأثیر پدیده های اقلیمـی بـر تـردد و تصـادفات در جاده‌ی سنندج – همدان***"، مجله‌ی جغرافیا و توسعه ناحیه ای، بهار و تابستان ۸۵، شماره ٦: ۱۲۹.

۱۳. نوحی و همکاران، (۱۳۸٦)، " ***بررسی و تحلیل تاریخ آغاز و خاتمه‌ی یخبندان های تابشی – فرارفتی و فرارفتی در استان‌های آذربایجـان غربـی و شـرقی***"، پـژوهش و سـازندگی در زراعـت و باغبـانی، شماره‌ی ۷۵.

۱٤. هاشمی، ف، (۱۳۵۳)،"***منطقه بندی ایران از نقطه نظر هواشناسی کشاورزی***، سازمان هواشناسی.

15. 15-Boer,R.,Campbell.L.C. and Fletcher, D.J.(1993). "***Characteristiccs of frost in a major wheat – growing region of Australia***", Aust. J. Agric. Res. 440(8): 1731-1743.
16. Kajfcz.B.I,(1989)." ***Early outomn frost in upper Carniola Slovenia***",Zbornik Biotehniske universe (Yogos lavia). 53, 19 – 26.
17. Rosenberg, N. J., Blad. B. and Myers, R. E. (1962). ***"The nature of growing season frost***", Mon. Wea. Rev., 10: 471-479.
18. Trought,M.C.T, et all,(1999)," ***practical considerations for reducing frost damage in Vineyard***", report to Newzealand Winegrowers
19. Thom, H.C.S. and Shaw, R.H. (1958),"***Climatology analysis of freeze data for Iowa, Mon***. Wea. Rev, 86 (7): 251- 257.
20. URL1: http:// www.xoy_ir.2008/1/28
21. URL2: http:// www.mardomsalari.com 2008/1/29
22. Vega ey all,(1994)," ***frost/freeze analyses in the Southern Climate RegioN***" Soutern Regional Climate Center Technical Report no 1.
23. Watkins, S. C. (1991), "***The annual period of freezing temperatures in Central Enggland 1850 – 1995***", Inter. J. Climatol., 11(8): 889-896.